

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-137826

(43)Date of publication of application : 20.05.1994

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

G01C 3/06

(21)Application number : 04-289153

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

(22)Date of filing : 27.10.1992

(72)Inventor : YOSHIMURA KAZUNARI

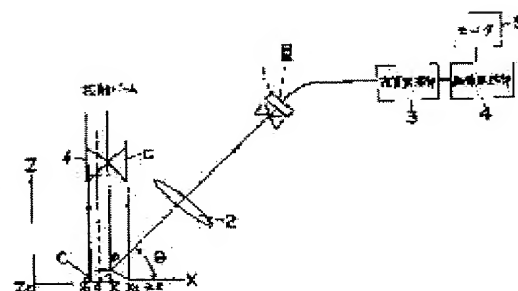
NAKAMURA KUNINORI

(54) SHAPE DETECTING METHOD AND ITS DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To highly accurately detect a shape with a high resolving power without the influence of secondary reflection.

CONSTITUTION: A plurality of light beams modulated into different patterns is projected to the same point of a detected body C in the about same direction. The reflected light produced by the reflected body C of each projected beam is image-formed in a position detector 1. The strength ratio of the reflected light of each projected beam is determined from the output of the position detector 1, and the output component of the position detector formed by the secondary reflection is offset to remove the influence of the secondary reflection. In addition, a pattern is given to a light beam to make positioning inside a projecting spot possible, and the shape of the detected body can, thereby, be detected with the high resolving power. The shape can moreover be highly accurately detected by detecting the shape of the detected body with high resolving power and removing the influence of the secondary reflection.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.05.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2651093

[Date of registration] 16.05.1997

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-137826

(43)公開日 平成6年(1994)5月20日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 1 B 11/24

G 0 1 C 3/06

識別記号

庁内整理番号

C 9108-2F

A 9108-2F

A 9008-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数19(全 24 頁)

(21)出願番号 特願平4-289153

(22)出願日 平成4年(1992)10月27日

(71)出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72)発明者 吉村 一成

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 中村 国法

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

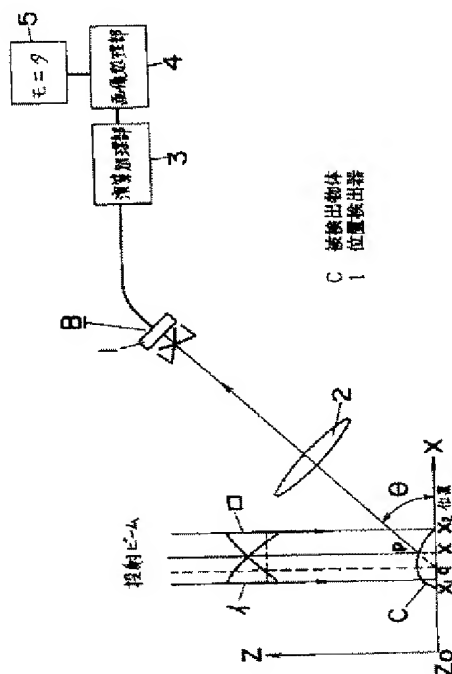
(74)代理人 弁理士 石田 長七 (外2名)

(54)【発明の名称】 形状検出方法およびその装置

(57)【要約】

【目的】 2次反射の影響を受けず、且つ高分解能で高精度な形状検出を可能とする。

【構成】 異なるパターンで変調された複数の光ビームを被検出物体Cの同一点に略同一方向から投射する。各々の投射ビームの被検出物体Cによる反射光を位置検出器1に結像させる。位置検出器1の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求め、2次反射による位置検出器の出力成分を相殺して、2次反射の影響を除去する。また、光ビームにパターンを持たせることにより、投射スポット内の位置を求めることを可能とし、高分解能で被検出物体の形状を検出することを可能とする。さらに、高分解能での被検出物体の形状の検出及び2次反射の影響の除去により、高精度の形状検出を可能とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ビームを被検出物体に投射し、その反射光を投射方向とは異なる方向から観測して物体の立体形状を検出する形状検出方法において、異なるパターンで変調された複数の光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向から投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を位置検出器に結像させ、その位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求め、基準面に対する強度比との変化分から投射スポット内に位置を求め、この位置と反射光の位置検出器への入射角度から基準面に対する高さ変位を求めて成ることを特徴とする形状検出方法。

【請求項2】 光強度が異なるパターンで変調された光ビームを投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を同一の位置検出器に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項3】 波長が異なると共に、光強度が異なるパターンで変調された光ビームを同時に投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を、各々の波長の光ビームのみを検出可能な複数の位置検出素子に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項4】 波長が異なる光ビームを同時に投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を、各々の波長の光ビームのみを検出可能な複数の位置検出素子に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項5】 複数の光ビームを時間をずらして投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を、同一の位置検出素子に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項6】 偏光モードの異なる複数の光ビームを同時に投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を、各々の偏光モードの光ビームのみを検出可能な複数の位置検出素子に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項7】 内部位置により光強度にガウス分布を持たせた複数の光ビームを、投射位置を所定距離だけ異ならせて投射して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項8】 位置検出器を、結像スポットの幅を予め設定した分割数で割った幅の複数の位置検出素子を用いて構成し、投射ビームの反射光を位置検出器に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項9】 投射ビームと光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内で所定幅だけ走査させ、受光強度比が予め設定した受光強度比と合致した走査位置で、被検出物体の形状を検出して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項10】 投射ビームの反射光を、投射ビームと光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内で所定幅だけ偏

向させ、受光強度比が予め設定した受光強度比と合致した走査位置で、被検出物体の形状を検出して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項11】 位置検出器を、投射ビームと光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内で所定幅だけ振動させ、受光強度比が予め設定した受光強度比と合致した走査位置で、被検出物体の形状を検出して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項12】 投射ビームを被検出物体上を走査させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項13】 被検出物体を移動させて投射ビームを被検出物体上を走査させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項14】 投射ビームを走査させ、走査ピッチに対応した結像位置に位置検出器を配置して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項15】 投射ビームを走査させ、投光ビームの反射光を位置検出器の位置に偏向して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項16】 投射ビームを走査させ、走査ピッチに対応した結像位置になるように位置検出器を振動させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項17】 各投射ビームを投射ビームと光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内において一定距離だけ離して走査し、各投射ビームを同一の位置検出器に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項18】 各投射ビームを投射ビームと光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内に直交する方向で一定距離だけ離して走査し、各投射ビームの反射光を、反射ビームの変位方向に沿って平行に配置した個別の位置検出器に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項19】 異なるパターンで変調された複数の光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向から投射する投射装置と、各々の投射ビームの被検出物体による反射光が結像される位置検出器と、この位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求め、基準面に対する強度比との変化分から投射スポット内に位置を求め、この位置と反射光の位置検出器への入射角度から基準面に対する高さ変位を求める演算処理部とを備えて成ることを特徴とする形状検出装置。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】 本発明は、物体表面の凹凸形状や高さ変位を検出する形状検出方法およびその装置に関するものである。

【従来の技術】 従来の形状検出装置としては、図20に示すように、光ビームを投射する投射装置（プロジェクタ）Aと、被検出物体Cを撮像する装置（CCDカメラ）Bとを同一平面（XZ平面の場合で以下の説明を行

う)内に設置し、撮像装置Bの光軸をZ軸と一致させ、X軸とZ軸との交点Oに投射装置Aの光軸を向けて設置する。ここで、O点と撮像装置Bとの距離を L_1 、撮像装置Bの光軸と投射装置Aの光ビームの投射点との距離を L_2 、X軸と投射装置Aの光ビームの投射点との距離を L_3 としてある。投射装置Aからは輝度分布を正弦波状である格子縞パターンを斜め方向から投射すると、図21(a)、(b)に示すように被検出物体Cの高さ(Z軸方向の変位)に応じた位相変調を受ける。位相の変位は図21(c)の $d\Phi$ で示す。そこで、被検出物体Cを撮像装置Bで撮像し、任意の点における位相変調分

$$z = L_3 - L_2 / \tan \alpha + x / \tan \alpha$$

として求まる。また、任意の点xは正弦波状のスリット光の位相 Φ から一義的に求まる。図22は他の形状検出装置の構成を示し、図示するように構成は図20のものとほぼ同じであり、形状検出方法も図20とほぼ同じであるが、この形状検出装置の場合、X軸方向において輝度が連続的に減少する(あるいは増加する)光を被検出物体Cに投射して形状を検出する点異なる。そして、投射装置Aと撮像装置Bとの位置は固定的なものである。基準面(高さ変位のない平面)を撮像した場合の各点における輝度は予め決まっている。従って、特定輝度の点が高さ変位することにより、被検出物体Cの高さ変位、つまりは被検出物体Cの形状を検出できる。さもない他の形状検出装置を図23に示す。この形状検出装置は特開平1-5650号公報で提案されたもので、被検出物体Cに投射ビームを投射する投射装置Aと、上記投射ビームの被検出物体Cによる反射光を受光する受光装置Bとを一定距離だけ離して配置し、上記受光装置Bに被検出物体Cまでの距離に対応する反射光の入射角変化を受光スポットの位置変化として検出する位置検出器1を設け、この位置検出器1の出力に基づいて三角測量方式で被検出物体Cの形状を検出するものである。上記投射装置Aは、レーザ光源10と、レーザ光源10から出力される投射ビームのビーム径を広げるビームエキスパンダ11と、光路調整用ミラー12a、12bと、偏向手段を構成するビーム走査用の振動ミラー13と、投光用の収束レンズ14aとで構成してある。また、受光装置Bは、受光用の収束レンズ14bと、振動ミラー13に同期して駆動され受光スポットをビーム走査に関係なく位置検出器1上に結像させる偏向手段を構成する振動ミラー15とで構成してある。この形状検出装置では、基準面において高さ変位がない場合に位置検出器1の所定位置に受光スポットが結像されるように設定しておき、被検出物体Cがある場合における投射ビームの投射位置の高さ変位に応じて変化する受光スポットの結像位置の変位から被検出物体Cの一点の高さ変位を求め、投射ビームを走査することで被検出物体Cの外形状を検出する。

【発明が解決しようとする課題】ところで、図20及び

を測定し、その任意の点の高さを求める。しかし、被検出物体Cには通常反射率のむらがあるため、位相変調の他に反射率に依存した振幅変調も受ける。そこで、上記形状検出装置では1/4ピッチずらしたスリット光を被検出物体Cに投射し、夫々の画像を撮像装置Bで撮像し、輝度分布の時間的変動を捕らえることにより、振幅変調分とは無関係に位相変調分のみを求める。なお、任意の点xにおける変位量zは、 $L_2 = (L_1 - z) \tan \beta + (L_3 - z) \tan \alpha$
 $\tan \beta = X / (L_1 - z)$
 の関係から、

$$\dots (1)$$

図22の形状検出装置の場合、面状に光を投射するため、隣接する場所の2次反射光の影響を受け、正確な反射光量を捕らえることができず、このため計測精度が落ちるという欠点がある。また、図23の形状検出装置では、投射ビームが1つのために位置検出器1上での結像ビームの移動量がそのまま高さ変位となり、投射ビームの径により検出精度が左右され、高分解能化は困難であるという欠点がある。そこで、結像ビームの形状から補間処理を行い、高分解能化を図るものがあるが、この場合には被検出物体Cの表面反射率により結像ビームの微小部分の光量が変化し、精度の高い検出が困難であった。本発明は上述の点に鑑みて為されたものであり、その目的とするところは、2次反射の影響を受けず、且つ高分解能で高精度に被検出物体の形状を検出できる形状検出方法およびその装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】本発明では、上記目的を達成するために、光ビームを被検出物体に投射し、その反射光を投射方向とは異なる方向から観測して物体の立体形状を検出する形状検出方法において、複数の異なるパターンの光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向から投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を位置検出器に結像させ、その位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求め、基準面に対する強度比との変化分から投射スポット内に位置を求め、この位置と反射光の位置検出器への入射角度から基準面に対する高さ変位を求めている。

【作用】本発明は、異なるパターンで変調された複数の光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向から投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を位置検出器に結像させ、その位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求めることにより、2次反射による位置検出器の出力成分を相殺して、2次反射の影響を除去することを可能とする。また、光ビームにパターンを持たせることにより、投射スポット内の位置を求めることを可能とし、高分解能で被検出物体の形状を検出することを可能とする。さらに、高分解能での被検出物体の形状の検出及び2次反射の影響の除去により、高精度の形状検出を可能とする。

【実施例】

(実施例1) 図1乃至図3に基づいて本発明の一実施例を説明する。本実施例の構成は、被検出物体Cに投射ビームを投射する投射装置(図示せず)と、上記投射ビームの被検出物体Cによる反射光を受光する受光装置Bとを一定距離だけ離して配置してある。投射装置は、異なるパターンの複数の投射ビームを被検出物体Cの一点に略同一方向から投射する。なお、夫々の投射ビームが個別に被検出物体Cの一点に略同一方向から投射される。本実施例の場合には、投射ビームの投光スポットの径が $x_1 \sim x_2$ であるとする、この $x_1 \sim x_2$ の範囲に重ねて複数の投射ビームを投射する。一方の投射ビームのパターンは、図2(a)のイに示すように、 x_1 側の投光強度が強く、 x_2 側で直線的に投光強度が減少しており、他方の投射ビームはイと全く対称的に、 x_2 側の投光強度が強く、 x_1 側で直線的に投光強度が減少している。受光装置Bには被検出物体Cからの反射ビームが受光レンズ2を通して結像される位置検出器1を備えている。この位置検出器1としては、基準面からの高さ変位に応じて結像スポットが変位する方向に沿って結像スポットの径より小さい複数の受光素子を配列し、夫々の受光素子で結像ビームの光量を検出できるものを用いてある。そして、上記位置検出器1の出力から投射ビームの投射スポットの位置を求める演算処理を行う演算処理部3と、演算結果に基づく被検出物体Cの形状をモニタ5に映し出すための信号処理を行う画像処理部4とを備えている。上記演算処理部3での投光スポットの位置の検出は、反射ビームの反射角度の変位から三角測量方式により求める。次に、演算処理部3では、投光スポット

($x_1 \sim x_2$) の内部の任意の点における高さ変位を求める。ここで、投光スポットの内部の任意の点は、投光ビームの光強度から求める。つまり、ビームの行路長に対して被検出物体Cの高さ変位が十分に小さい場合には、投光ビームの光強度は投光スポットの内部の任意の点を一義的に示すので、投光ビームの光強度から投光スポットの内部の任意の点が求まる。但し、この場合に一方の投射ビームだけで投光スポットの内部の任意の点の位置を求めると、2次反射などの影響を受けるため、演算処理部3では2つの投射ビームによる位置検出器1の各受光素子の出力の比から投光スポットの内部の任意の点の位置を求める。基準面で投射ビームが反射された場合の位置検出器1における受光強度を図2(b)に示し、その比を図2(c)に示す。例えば、受光レンズ2の光軸が基準面に交わる点をqとすると、基準面のq点における反射ビームの位置検出器1の出力Ic、Idの比($Ic/I d$)は予め分かっている。基準面からの高さ変位があると、受光レンズ2の光軸位置に配置された位置検出器1の受光素子には、本来はx点に照射される光強度の光が受光される。この光強度からx点であることを求め、そのp点とx点との位置変位と、基準面に対す

る受光レンズ2の光軸の角度から高さ変位が求まる。なお、上述の場合には簡単のために受光レンズ2の光軸位置に配置された位置検出器1の受光素子を例として説明したが、他の受光素子と受光レンズ2の中心を結ぶ線が基準面に交わる点は予め分かるので、同一の方法で各受光素子毎に異なる点での高さ変位を求めることができる。上記動作をもとめたフローチャートを図3に示す。

(実施例2) 図4に他の実施例を示す。上述の実施例の場合には投射ビームを個別に投射する必要があったが、本実施例では同時に投射できるようにしたものである。投射装置からは夫々波長が異なる2つの光ビームを投射し、受光装置Bに2つの位置検出器1a、1bを設け、受光レンズ2を介する反射ビームを波長に応じてビームスプラッタ6で分離して、各位置検出器1a、1bに夫々結像させる。なお、投射ビームが実施例1の場合と同様に強度変調をかけてある。本実施例は動作的には実施例1と同様にして被検出物体Cの形状を求める。なお、2次反射の影響を除去するだけであれば、波長が異なる光ビームを同時に投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を、各々の波長の光ビームのみを検出可能な複数の位置検出素子に結像させるようにすればよい。

(実施例3) 図5にさらに他の実施例を示す。本実施例も光ビームを同時に投射するもので、本実施例の場合には投射ビームの偏光モードを異ならせ、反射ビームを偏光ビームスプラッタ6'を介して各位置検出器1a、1bに結像させる点に特徴がある。

(実施例4) 図6はレーザビームのようにガウス分布を有するビームを投射ビームとして用い、この投射ビーム強度が図7(a)に示すように I_0 である場合には、互いのビームを I_0/e^2 だけ離して被検出物体Cに投射する。この場合には、各ビームが重なる部分 $x_1 \sim x_2$ の範囲で、実施例1で説明した方法を用いて、高さ変位を求める。従って、この場合にも、2次反射の影響を受けず、且つ高分解能及び高精度で被検出物体Cの形状を検出できる。なお、ビームは実施例2あるいは実施例3で説明したように波長あるいは偏光モードを異ならせて同時投射するようにしてもよい。

(実施例5) 図8はさらに他の実施例であり、本実施例では位置検出器1を結像スポットの幅を予め設定された分割数で割った幅に形成してある点に特徴がある。つまり、実施例1で説明した受光素子の代わりに、例えばPSDを分割したもの(以下、位置検出素子11と呼ぶ)を用い、実施例1の受光素子と同様に機能させるようにしたものである。上記位置検出素子11を高さ変位により結像ビームが移動する幅に対応させて複数設けておけば、実施例1の場合と同様にして被検出物体Cの形状を検出することができる。

(実施例6) 図9に示すように受光レンズ2の光軸上に実施例5における位置検出素子11を1個設定し、投射

10

20

30

40

50

ビームを偏向装置7を用いて所定幅だけ走査し、受光レンズ2の光軸上の高さ変位だけを求めるようにしたものである。ここで、位置検出素子11は要求分解能の領域を持つ大きさで、位置は固定されている。なお、投射ビームは受光レンズ2の光軸と投射ビームの光軸とを含む平面内で走査する。この場合にも投光ビームとしては、光強度を変調した2つのビームを照射し、強度比が予め設定してある強度比と合致したところで、高さ変位を求めるようにすれば、投射スポットにビーム径よりも小さいポイントでの高さ変位の検出が行える。図10は受光レンズ2と位置検出素子11との間に偏向装置7'を設け、受光装置B側で投射ビームの強度比が特定の強度比となる投射スポット内の位置の高さ変位を求めるようにしたものである。なお、偏光装置7'は駆動装置8を用いて偏光角を変えるようにしてある。図11は振動装置9は偏向装置7'の代わりに振動装置9を用い、投射ビームの強度比が特定の強度比となる振動位置から投射スポット内の位置の高さ変位を求める。つまり、振動位置と高さ変位との関係は予め分かっているからである。なお、振動装置9は受光レンズ2の光軸と投射ビームの光軸とを含む平面内で振動させることは言うまでもない。図12は、位置検出素子11として図9の場合よりも幅広のものをを用い、投射ビームを走査した場合に、位置検出素子11の幅に応じた所定範囲内の高さ変位も求めることができるようにしたものである。なお、図13に示すように、投射ビームを走査する代わりに、被検出物体Cを移動させるようにしてもよい。

(実施例7) 図14は図8の複数の位置検出素子11で位置検出器2を構成したもののにおいて、投射ビームを走査するようにしたものである。ここで、夫々の位置検出素子11は投光ビームの角走査位置に対応して配置しているため、被検出物体C上の角点での反射ビームが被検出物体C上のどの点を走査しているかを特定でき、さらに受光強度比を求めることにより、その点での照射面内の光ビーム位置を特定でき、広範囲にわたり高精度な形状検出が可能となる。なお、偏向角度は偏向角度検出回路12で検出し、演算処理部3に与えている。図15は、投射ビームを被検出物体C上で走査し、且つ走査ピッチに対応した結像位置とあなるように偏向装置7'を設定するようにしてある。偏向装置7'は投光側の偏向装置7と同期して駆動装置8で駆動し、投射ビームが被検出物体C上のどの位置にあっても、常に同一の位置検出素子11上に反射ビームを結像させている。この場合、投光側の偏向装置7の偏向角度を記憶させておけば、図14の場合と同様に、投射ビームの走査位置が求められる。図16は図15の偏向装置7'に代えて振動装置9を用いたものであり、振動装置9は偏向装置7に同期させて振動させ、投射ビームが被検出物体C上のどの位置にあっても、常に同一の位置検出素子11上に反射ビームを結像させるようにしてある。

(実施例8) 図17は、投射ビームを投射ビームの受光レンズ2の光軸とで形成される平面内で一定距離だけ離して走査し、その投射ビームの反射光を同一の位置検出器2上に結像させたものである。本実施例の場合、パターンのことなる複数のビームを被検出物体Cに投射し、例えば走査方向に対してビーム1個分先行して走査させる。仮にビーム(イ)を先行走査させた場合、位置器2上ではビーム(ロ)に対してビーム(イ)はビーム1個分先の点を検出していることになる。ビーム(イ)のある点における受光強度を受光強度測定部14で測定して受光強度記憶部15に記憶させて、ビーム(ロ)が同一の点にきたとき、演算処理部3で受光強度比を求める。本実施例の場合、被検出物体Cの測定対称面が基準面よりも低くなれば、角ビームは位置検出器2上で、常に1スポットだけ先行した位置に結像され、互いに干渉することはない。従って、同一の特性を有するビームを投射しても問題ないという利点がある。なお、スポットの1個以上先行させるようにしてもよい。

(実施例9) 図18は上記実施例の考えをさらに進め、ビーム(イ)とビーム(ロ)とを異なる走査ラインで走査させ、先行する走査ラインと同一の走査ラインの同一点に後続のビームが走査されたときに、上記実施例8と同様に受光強度比を求めるものである。

(実施例10) 図19は投光装置A側の構成を示すもので、実施例1で説明した光ビームを夫々投射する光源11a, 11bを設け、夫々の光源11a, 11bをハーフミラー10を通して被検出物体Cに投射するようにしてある。

【発明の効果】本発明は上述のように、異なるパターンで変調された複数の光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向から投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を位置検出器に結像させ、その位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求めているので、2次反射による位置検出器の出力成分を相殺して、2次反射の影響を除去することができ、また光ビームにパターンを持たせてあるので、投射スポット内の位置を求めることができ、高分解能で被検出物体の形状を検出することができ、さらに高分解能での被検出物体の形状の検出及び2次反射の影響の除去しているので、高精度の形状検出が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の形状検出装置の構成図である。

【図2】同上の動作説明図である。

【図3】同上の動作を示すフローチャートである。

【図4】他の実施例の構成図である。

【図5】さらに他の実施例の構成図である。

【図6】さらに別の実施例の構成図である。

【図7】同上の動作説明図である。

【図8】さらに別の実施例の構成図である。

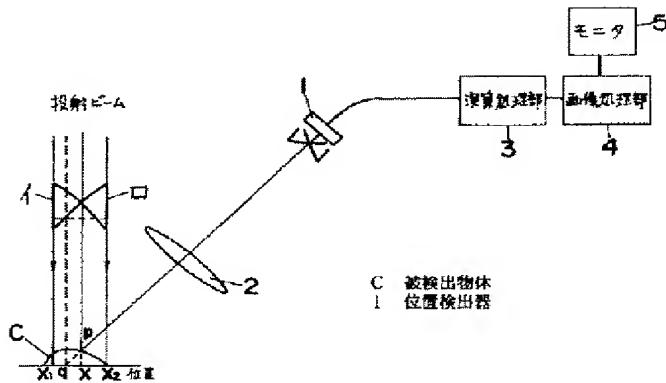
【図9】さらに他の実施例の構成図である。
 【図10】他の実施例の構成図である。
 【図11】さらに他の実施例の構成図である。
 【図12】別の実施例の構成図である。
 【図13】他の実施例の構成図である。
 【図14】さらに他の実施例の構成図である。
 【図15】さらに別の実施例の構成図である。
 【図16】他の実施例の構成図である。
 【図17】さらに他の実施例の構成図である。
 【図18】別の実施例の構成図である。
 【図19】さらに別の実施例の構成図である。

【図20】従来例の構成図である。
 【図21】同上の動作説明図である。
 【図22】他の従来例の構成図である。
 【図23】さらに他の従来例の構成図である。

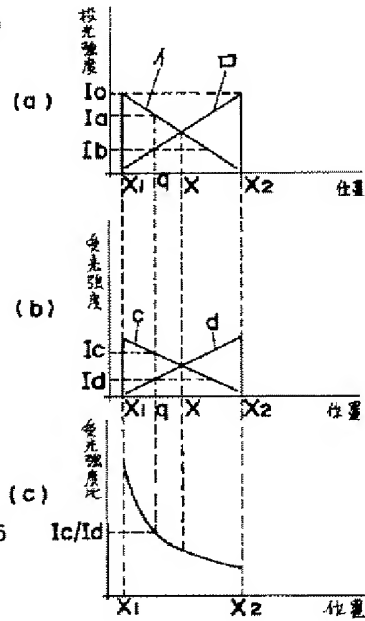
【符号の説明】

B 受光装置
 C 被検出物体
 1 位置検出器
 3 演算処理部
 10 11 位置検出素子

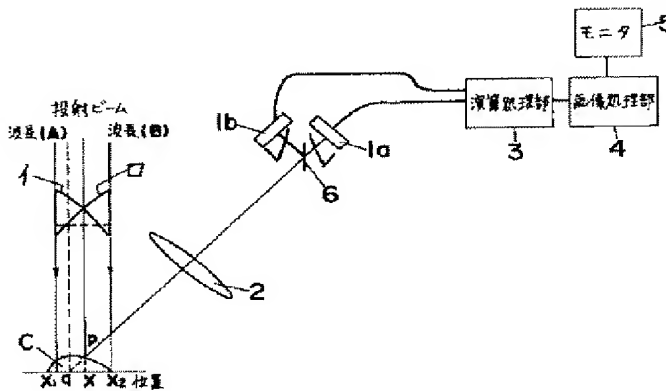
【図1】



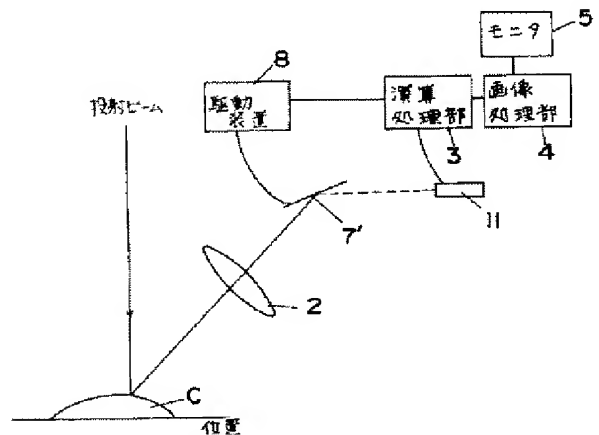
【図2】



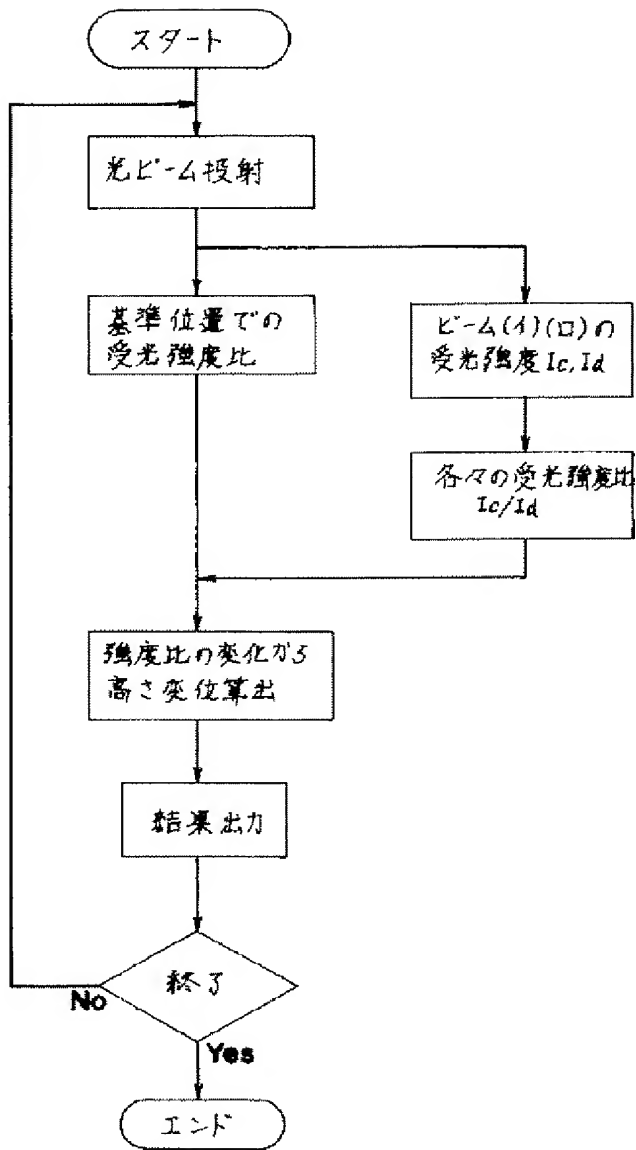
【図4】



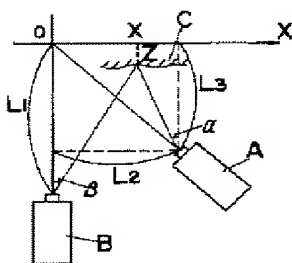
【図10】



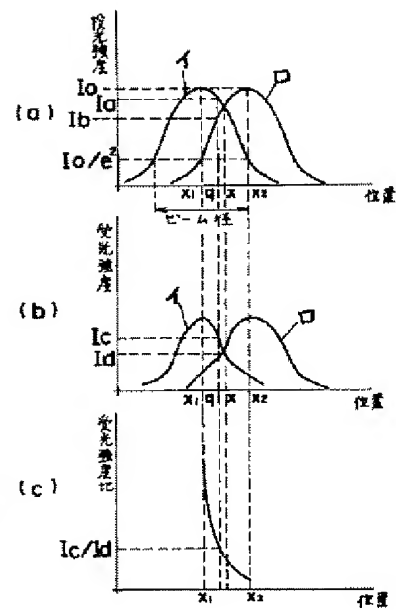
【図3】



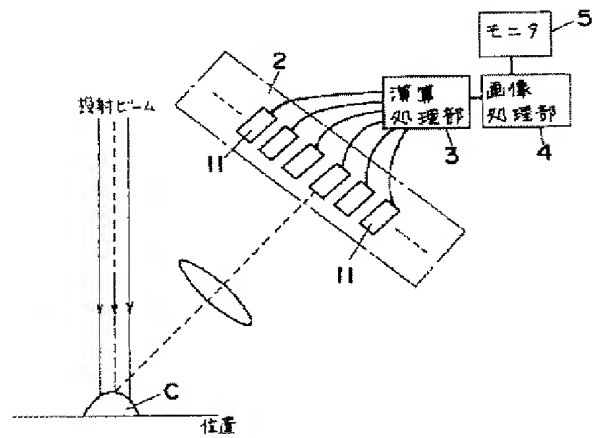
【図20】



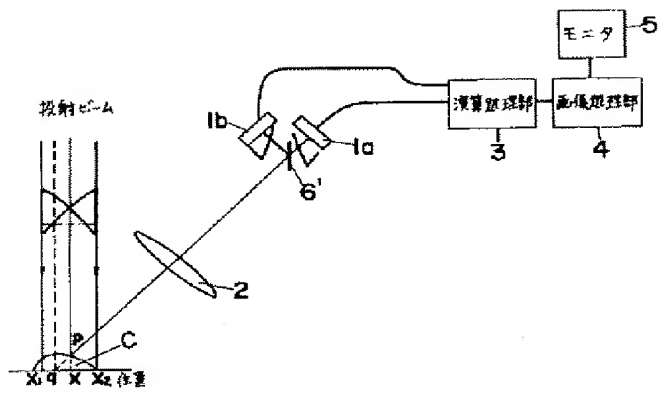
【図7】



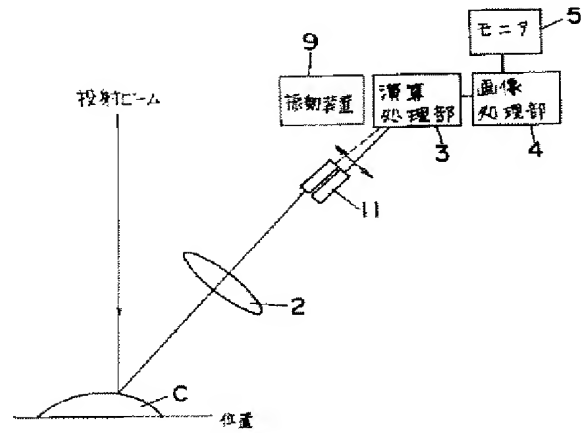
【図8】



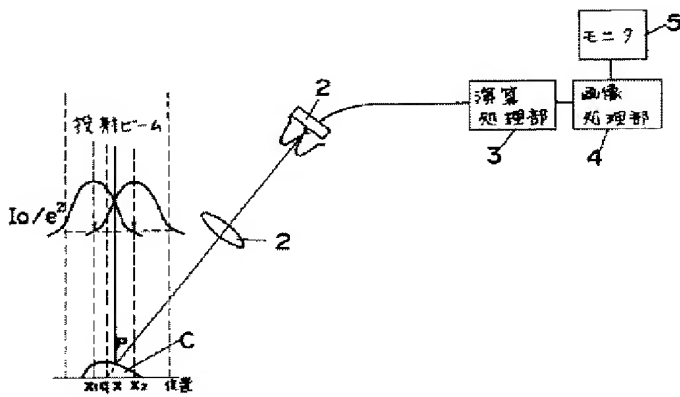
【図5】



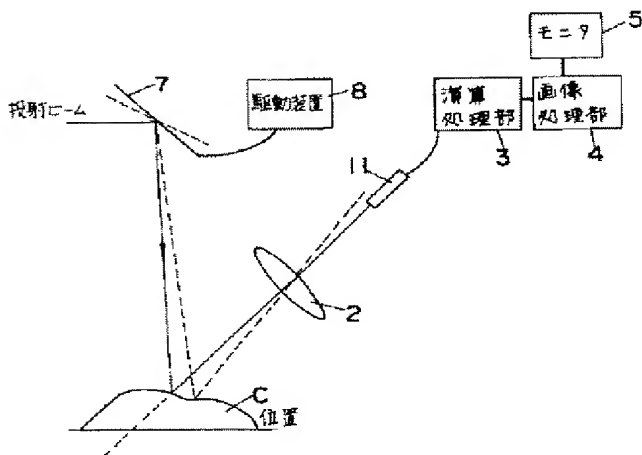
【図11】



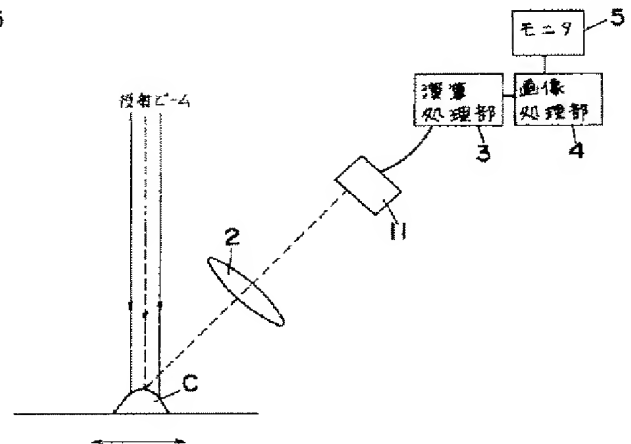
【図6】



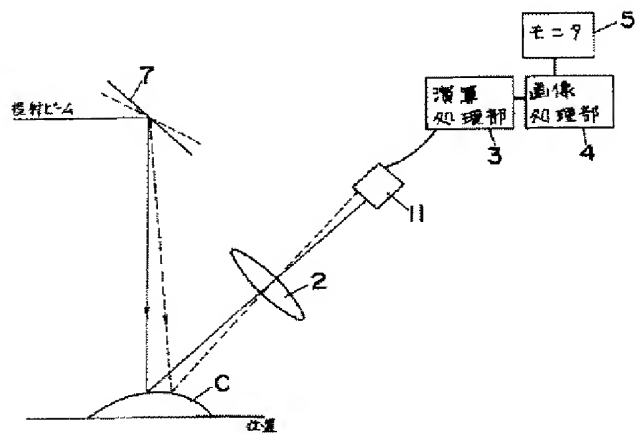
【図9】



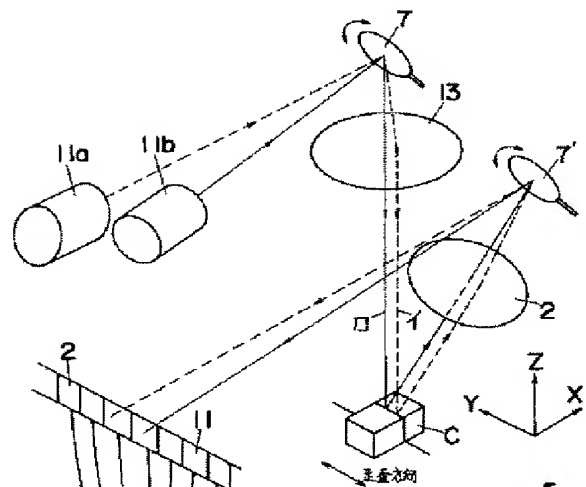
【図13】



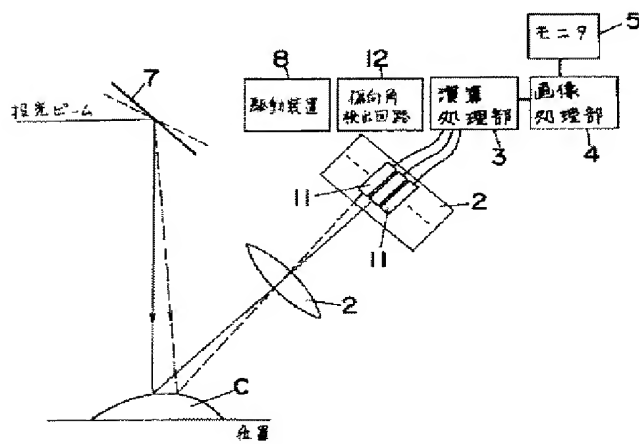
【図12】



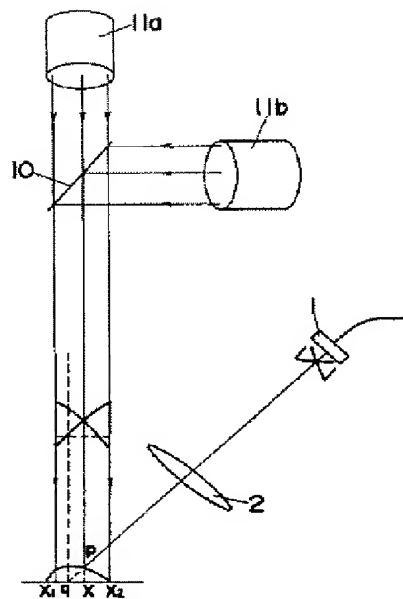
【図17】



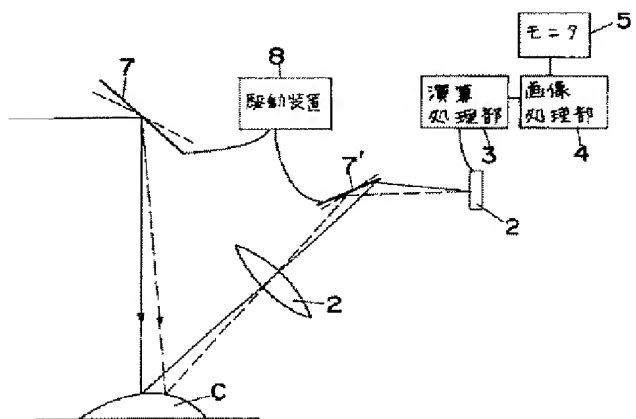
【図14】



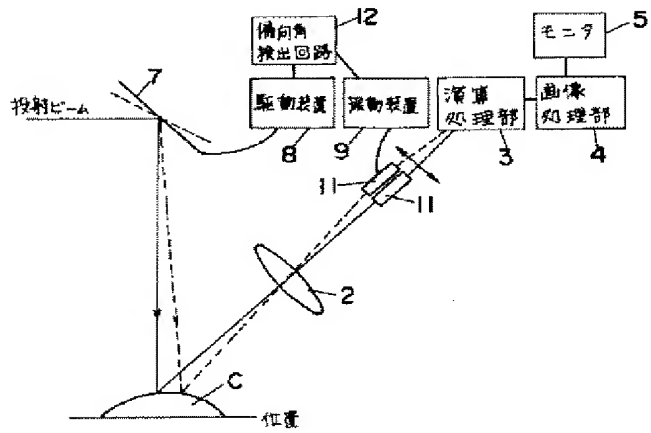
【図19】



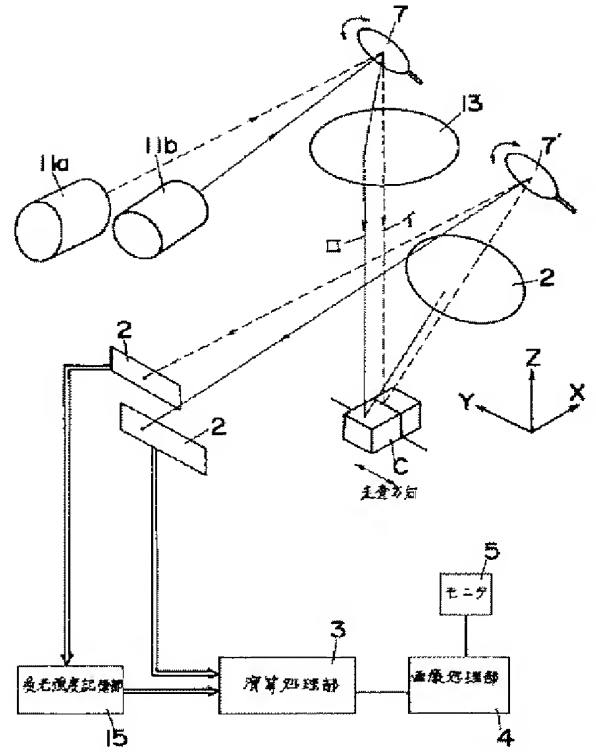
【図15】



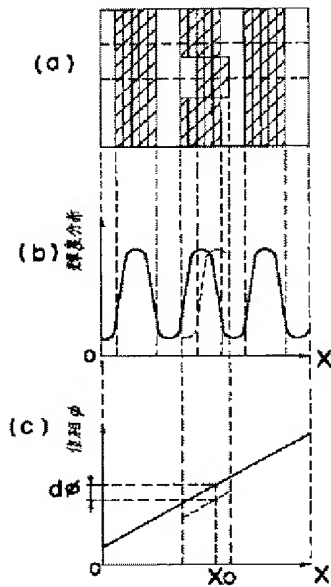
【図16】



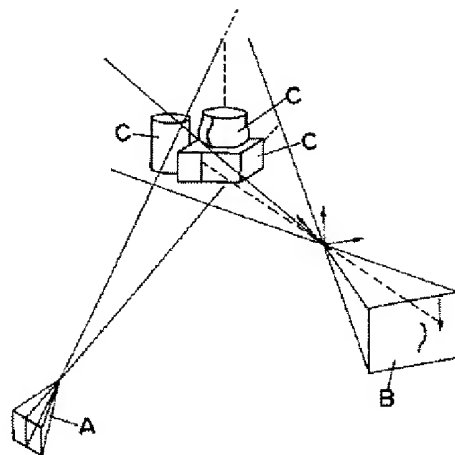
【図18】



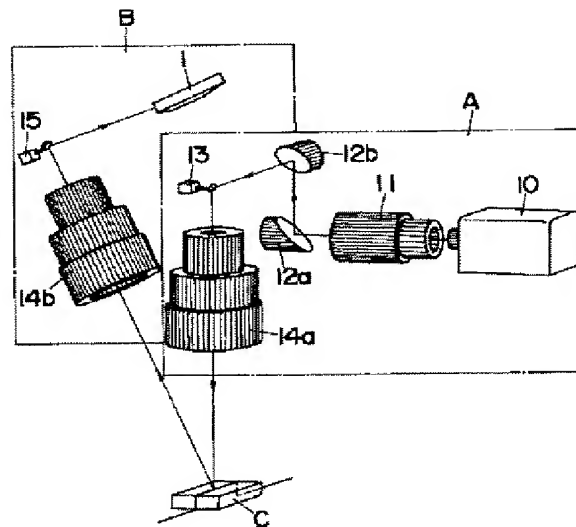
【図21】



【図22】



【図23】



【手続補正書】

【提出日】平成5年4月5日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ビームを被検出物体に投射し、その反射光を投射方向とは異なる方向から観測して物体の立体形状を検出する形状検出方法において、異なるパターンで変調された複数の光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向から投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を位置検出器に結像させ、その位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求め、基準面に対する強度比との変化分から投射スポット内に位置を求め、この位置と反射光の位置検出器への入射角度から基準面に対する高さ変位を求めて成ることを特徴とする形状検出方法。

【請求項2】 光強度が異なるパターンで変調された光ビームを投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を同一の位置検出器に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項3】 波長が異なると共に、光強度が異なるパターンで変調された光ビームを同時に投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を、各々の波長の光ビームのみを検出可能な複数の位置検出素子に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項4】 波長が異なる光ビームを同時に投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を、各々の波長の光ビームのみを検出可能な複数の位置検出素子に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項5】 複数の光ビームを時間をずらして投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を、同一の位置検出素子に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項6】 偏光モードの異なる複数の光ビームを同時に投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を、各々の偏光モードの光ビームのみを検出可能な複数の位置検出素子に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項7】 内部位置により光強度にガウス分布を持たせた複数の光ビームを、投射位置を所定距離だけ異ならせて投射して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項8】 位置検出器を、結像スポットの幅を予め設定した分割数で割った幅の複数の位置検出素子を用いて構成し、投射ビームの反射光を位置検出器に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項9】 投射ビームと光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内で所定幅だけ走査させ、受光強度比が予め設定した受光強度比と合致した走査位置で、被検出物体の形状を検出して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項10】 投射ビームの反射光を、投射ビームと光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内で所定幅だけ偏向させ、受光強度比が予め設定した受光強度比と合致した走査位置で、被検出物体の形状を検出して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項11】 位置検出器を、投射ビームと光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内で所定幅だけ振動させ、受光強度比が予め設定した受光強度比と合致した走査位置で、被検出物体の形状を検出して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項12】 投射ビームを被検出物体上を走査させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項13】 被検出物体を移動させて投射ビームを被検出物体上を走査させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項14】 投射ビームを走査させ、走査ピッチに対応した結像位置に位置検出器を配置して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項15】 投射ビームを走査させ、投射ビームの反射光を位置検出器の位置に偏向して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項16】 投射ビームを走査させ、走査ピッチに対応した結像位置になるように位置検出器を振動させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項17】 各投射ビームを投射ビームと光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内において一定距離だけ離して走査し、各投射ビームを同一の位置検出器に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項18】 各投射ビームを投射ビームと光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内に直交する方向で一定距離だけ離して走査し、各投射ビームの反射光を、反射ビームの変位方向に沿って平行に配置した個別の位置検出器に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【請求項19】 異なるパターンで変調された複数の光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向から投射する投射装置と、各々の投射ビームの被検出物体による反射光が結像される位置検出器と、この位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求め、基準面に対する強度比との変化分から投射スポット内に位置を求め、この位置と反射光の位置検出器への入射角度から基準面

$$z = L_3 - L_2 / \tan \alpha + x / \tan \alpha$$

として求まる。また、任意の点xは正弦波状のスリット光の位相Φから一義的に求まる。

【0006】図22は他の形状検出装置の構成を示し、図示するように構成は図20のものとほぼ同じであり、形状検出方法も図20とほぼ同じであるが、この形状検出装置の場合、X軸方向において輝度が連続的に減少する（あるいは増加する）光を被検出物体Cに投射して形

に対する高さ変位を求める演算処理部とを備えて成ることを特徴とする形状検出装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の詳細な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、物体表面の凹凸形状や高さ変位を検出する形状検出方法およびその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の形状検出装置としては、図20に示すように、光ビームを投射する投射装置（プロジェクタ）Aと、被検出物体Cを撮像する装置（CCDカメラ）Bとを同一平面（XZ平面の場合で以下の説明を行う）内に設置し、撮像装置Bの光軸をZ軸と一致させ、X軸とZ軸との交点Oに投射装置Aの光軸を向けて設置する。ここで、O点と撮像装置Bとの距離を L_1 、撮像装置Bの光軸と投射装置Aの光ビームの投射点との距離を L_2 、X軸と投射装置Aの光ビームの投射点との距離を L_3 としてある。

【0003】投射装置Aからは輝度分布を正弦波状である格子縞パターンを斜め方向から投射すると、図21

(a)、(b)に示すように被検出物体Cの高さ（Z軸方向の変位）に応じた位相変調を受ける。位相の変位は図21(c)の $d\Phi$ で示す。そこで、被検出物体Cを撮像装置Bで撮像し、任意の点における位相変調分を測定し、その任意の点の高さを求める。

【0004】しかし、被検出物体Cには通常反射率のむらがあるため、位相変調の他に反射率に依存した振幅変調も受ける。そこで、上記形状検出装置では1/4ピッチずらしたスリット光を被検出物体Cに投射し、夫々の画像を撮像装置Bで撮像し、輝度分布の時間的変動を捕らえることにより、振幅変調分とは無関係に位相変調分のみを求める。

【0005】なお、任意の点xにおける変位量zは、

$$L_2 = (L_1 - z) \tan \beta + (L_3 - z) \tan \alpha$$

$$\tan \beta = X / (L_1 - z)$$

の関係から、

$$\dots (1)$$

状を検出する点が異なる。そして、投射装置Aと撮像装置Bとの位置は固定的なものであるため、基準面（高さ変位のない平面）を撮像した場合の各点における輝度は予め決まっている。従って、特定輝度の点が高さ変位することにより、被検出物体Cの高さ変位、つまりは被検出物体Cの形状を検出できる。

【0007】さもない他の形状検出装置を図23に示す。

この形状検出装置は特開平1-5650号公報で提案されたもので、被検出物体Cに投射ビームを投射する投射装置Aと、上記投射ビームの被検出物体Cによる反射光を受光する受光装置Bとを一定距離だけ離して配置し、上記受光装置Bに被検出物体Cまでの距離に対応する反射光の入射角変化を受光スポットの位置変化として検出する位置検出器1を設け、この位置検出器1の出力に基づいて三角測量方式で被検出物体Cの形状を検出するのである。

【0008】上記投射装置Aは、レーザ光源10と、レーザ光源10から出力される投射ビームのビーム径を広げるビームエキスパンダ11と、光路調整用ミラー12a、12bと、偏向手段を構成するビーム走査用の振動ミラー13と、投光用の収束レンズ14aとで構成してある。また、受光装置Bは、受光用の収束レンズ14bと、振動ミラー13に同期して駆動され受光スポットをビーム走査に関係なく位置検出器1上に結像させる偏向手段を構成する振動ミラー15とで構成してある。

【0009】この形状検出装置では、基準面において高さ変位がない場合に位置検出器1の所定位置に受光スポットが結像されるように設定しておき、被検出物体Cがある場合における投射ビームの投射位置の高さ変位に応じて変化する受光スポットの結像位置の変位から被検出物体Cの一点の高さ変位を求め、投射ビームを走査することで被検出物体Cの外形状を検出する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図20及び図22の形状検出装置の場合、面状に光を投射するため、隣接する場所の2次反射光の影響を受け、正確な反射光量を捕らえることができず、このため計測精度が落ちるという欠点がある。また、図23の形状検出装置では、投射ビームが1つのために位置検出器1上での結像ビームの移動量がそのまま高さ変位となり、投射ビームの径により検出精度が左右され、高分解能化は困難であるという欠点がある。そこで、結像ビームの形状から補間処理を行い、高分解能化を図るものがあるが、この場合には被検出物体Cの表面反射率により結像ビームの微小部分の光量に変化し、精度の高い検出が困難であった。

【0011】本発明は上述の点に鑑みて為されたものであり、その目的とするところは、2次反射の影響を受けず、且つ高分解能で高精度に被検出物体の形状を検出できる形状検出方法およびその装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明では、上記目的を達成するために、光ビームを被検出物体に投射し、その反射光を投射方向とは異なる方向から観測して物体の立体形状を検出する形状検出方法において、複数の異なるパターンの光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向

から投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を位置検出器に結像させ、その位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求め、基準面に対する強度比との変化分から投射スポット内に位置を求め、この位置と反射光の位置検出器への入射角度から基準面に対する高さ変位を求めている。

【0013】

【作用】本発明は、異なるパターンで変調された複数の光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向から投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を位置検出器に結像させ、その位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求めることにより、2次反射による位置検出器の出力成分を相殺して、2次反射の影響を除去することを可能とする。また、光ビームにパターンを持たせることにより、投射スポット内の位置を求めることを可能とし、高分解能で被検出物体の形状を検出することを可能とする。さらに、高分解能での被検出物体の形状の検出及び2次反射の影響の除去により、高精度の形状検出を可能とする。

【0014】

【実施例】

（実施例1）図1乃至図3に基づいて本発明の一実施例を説明する。本実施例の構成は、被検出物体Cに投射ビームを投射する投射装置（図示せず）と、上記投射ビームの被検出物体Cによる反射光を受光する受光装置Bとを一定距離だけ離して配置してある。

【0015】投射装置は、異なるパターンの複数の投射ビームを被検出物体Cの一点に略同一方向から投射する。なお、夫々の投射ビームが個別に被検出物体Cの一点に略同一方向から投射される。本実施例の場合には、投射ビームの投光スポットの径が $x_1 \sim x_2$ であるとすると、この $x_1 \sim x_2$ の範囲に重ねて複数の投射ビームを投射する。一方の投射ビームのパターンは、図2

（a）のイに示すように、 x_1 側の投光強度が強く、 x_2 側で直線的に投光強度が減少しており、他方の投射ビームはイと全く対称的に、 x_2 側の投光強度が強く、 x_1 側で直線的に投光強度が減少している。

【0016】受光装置Bには被検出物体Cからの反射ビームが受光レンズ2を通して結像される位置検出器1を備えている。この位置検出器1としては、基準面からの高さ変位に応じて結像スポットが変位する方向に沿って結像スポットの径より小さい複数の受光素子を配列し、夫々の受光素子で結像ビームの光量を検出できるものを用いてある。そして、上記位置検出器1の出力から投射ビームの投射スポットの位置を求める演算処理を行う演算処理部3と、演算結果に基づく被検出物体Cの形状をモニタ5に映し出すための信号処理を行う画像処理部4とを備えている。

【0017】上記演算処理部3での投光スポットの位置の検出は、反射ビームの反射角度の変位から三角測量方

式により求める。次に、演算処理部3では、投光スポット($x_1 \sim x_2$)の内部の任意の点における高さ変位を求める。ここで、投光スポットの内部の任意の点は、投光ビームの光強度から求める。つまり、ビームの行路長に対して被検出物体Cの高さ変位が十分に小さい場合には、投光ビームの光強度は投光スポットの内部の任意の点を一義的に示すので、投光ビームの光強度から投光スポットの内部の任意の点が求まる。

【0018】但し、この場合に一方の投射ビームだけで投光スポットの内部の任意の点の位置を求めると、2次反射などの影響を受けるため、演算処理部3では2つの投射ビームによる位置検出器1の各受光素子の出力の比から投光スポットの内部の任意の点の位置を求める。基準面で投射ビームが反射された場合の位置検出器1における受光強度を図2(b)に示し、その比を図2(c)に示す。例えば、受光レンズ2の光軸が基準面に交わる点をqとすると、基準面のq点における反射ビームの位置検出器1の出力Ic、Idの比(Ic/I d)は予め分かっている。

【0019】基準面からの高さ変位があると、受光レンズ2の光軸位置に配置された位置検出器1の受光素子には、本来はx点に照射される光強度の光が受光される。この光強度からx点であることを求め、そのp点とx点との位置変位と、基準面に対する受光レンズ2の光軸の角度から高さ変位が求まる。なお、上述の場合には簡単のために受光レンズ2の光軸位置に配置された位置検出器1の受光素子を例として説明したが、他の受光素子と受光レンズ2の中心を結ぶ線が基準面に交わる点は予め分かるので、同一の方法で各受光素子毎に異なる点での高さ変位を求めることができる。上記動作をもとめたフローチャートを図3に示す。

【0020】(実施例2)図4に他の実施例を示す。上述の実施例の場合には投射ビームを個別に投射する必要があったが、本実施例では同時に投射できるようにしたものである。投射装置からは夫々波長が異なる2つの光ビームを投射し、受光装置Bに2つの位置検出器1a、1bを設け、受光レンズ2を介する反射ビームを波長に応じてビームスプラッタ6で分離して、各位置検出器1a、1bに夫々結像させる。なお、投射ビームが実施例1の場合と同様に強度変調をかけてある。本実施例は動作的には実施例1と同様にして被検出物体Cの形状を求める。

【0021】なお、2次反射の影響を除去するだけであれば、波長が異なる光ビームを同時に投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を、各々の波長の光ビームのみを検出可能な複数の位置検出素子に結像させるようにすればよい。

(実施例3)図5にさらに他の実施例を示す。本実施例も光ビームを同時に投射するもので、本実施例の場合には投射ビームの偏光モードを異ならせ、反射ビームを偏

光ビームスプラッタ6'を介して各位置検出器1a、1bに結像させる点に特徴がある。

【0022】(実施例4)図6はレーザビームのようにガウス分布を有するビームを投射ビームとして用い、この投射ビーム強度が図7(a)に示すように I_0 である場合には、互いのビームを I_0/e^2 だけ離して被検出物体Cに投射する。この場合には、各ビームが重なる部分 $x_1 \sim x_2$ の範囲で、実施例1で説明した方法を用いて、高さ変位を求める。従って、この場合にも、2次反射の影響を受けず、且つ高分解能及び高精度で被検出物体Cの形状を検出できる。なお、ビームは実施例2あるいは実施例3で説明したように波長あるいは偏光モードを異ならせて同時投射するようにしてもよい。

【0023】(実施例5)図8はさらに他の実施例であり、本実施例では位置検出器1を結像スポットの幅を予め設定された分割数で割った幅に形成してある点に特徴がある。つまり、実施例1で説明した受光素子の代わりに、例えばPSDを分割したもの(以下、位置検出素子11と呼ぶ)を用い、実施例1の受光素子と同様に機能させるようにしたものである。上記位置検出素子11を高さ変位により結像ビームが移動する幅に対応させて複数設けておけば、実施例1の場合と同様にして被検出物体Cの形状を検出することができる。

【0024】(実施例6)図9に示すように受光レンズ2の光軸上に実施例5における位置検出素子11を1個設定し、投射ビームを偏向装置7を用いて所定幅だけ走査し、受光レンズ2の光軸上の高さ変位だけを求めるようにしたものである。ここで、位置検出素子11は要求分解能の領域を持つ大きさで、位置は固定されている。なお、投射ビームは受光レンズ2の光軸と投射ビームの光軸とを含む平面内で走査する。この場合にも投光ビームとしては、光強度を変調した2つのビームを照射し、強度比が予め設定してある強度比と合致したところで、高さ変位を求めるようにすれば、投射スポットにビーム径よりも小さいポイントでの高さ変位の検出が行える。

【0025】図10は受光レンズ2と位置検出素子11との間に偏向装置7'を設け、受光装置B側で投射ビームの強度比が特定の強度比となる投射スポット内の位置の高さ変位を求めるようにしたものである。なお、偏向装置7'は駆動装置8を用いて偏光角を変えるようにしてある。図11は振動装置9は偏向装置7'の代わりに振動装置9を用い、投射ビームの強度比が特定の強度比となる振動位置から投射スポット内の位置の高さ変位を求める。つまり、振動位置と高さ変位との関係は予め分かっているからである。なお、振動装置9は受光レンズ2の光軸と投射ビームの光軸とを含む平面内で振動させることは言うまでもない。

【0026】図12は、位置検出素子11として図9の場合よりも幅広のものをを用い、投射ビームを走査した場合に、位置検出素子11の幅に応じた所定範囲内の高さ

変位も求めることができるようにしたものである。なお、図13に示すように、投射ビームを走査する代わりに、被検出物体Cを移動させるようにしてもよい。

【実施例7】図14は図8の複数の位置検出素子11で位置検出器2を構成したものにおいて、投射ビームを走査するようにしたものである。ここで、夫々の位置検出素子11は投光ビームの角走査位置に対応して配置しているため、被検出物体C上の角点での反射ビームが被検出物体C上のどの点を走査しているかを特定でき、さらに受光強度比を求めることにより、その点での照射面内の光ビーム位置を特定でき、広範囲にわたり高精度な形状検出が可能となる。なお、偏向角度は偏向角度検出回路12で検出し、演算処理部3に与えている。

【0027】図15は、投射ビームを被検出物体C上で走査し、且つ走査ピッチに対応した結像位置とあなるように偏向装置7'を設定するようにしてある。偏向装置7'は投光側の偏向装置7と同期して駆動装置8で駆動し、投射ビームが被検出物体C上のどの位置にあっても、常に同一の位置検出素子11上に反射ビームを結像させている。この場合、投光側の偏向装置7の偏向角度を記憶させておけば、図14の場合と同様に、投射ビームの走査位置が求められる。

【0028】図16は図15の偏向装置7'に代えて振動装置9を用いたものであり、振動装置9は偏向装置7に同期させて振動させ、投射ビームが被検出物体C上のどの位置にあっても、常に同一の位置検出素子11上に反射ビームを結像させるようにしてある。

【実施例8】図17は、投射ビームを投射ビームの受光レンズ2の光軸とで形成される平面内で一定距離だけ離して走査し、その投射ビームの反射光を同一の位置検出器2上に結像させたものである。本実施例の場合、パターンとなる複数のビームを被検出物体Cに投射し、例えば走査方向に対してビーム1個分先行して走査させる。仮にビーム(イ)を先行走査させた場合、位置器2

上ではビーム(ロ)に対してビーム(イ)はビーム1個分先の点を検出していることになる。ビーム(イ)のある点における受光強度を受光強度測定部14で測定して受光強度記憶部15に記憶させて、ビーム(ロ)が同一の点に来たとき、演算処理部3で受光強度比を求める。

【0029】本実施例の場合、被検出物体Cの測定対称面が基準面よりも低くなれば、角ビームは位置検出器2上で、常に1スポットだけ先行した位置に結像され、互いに干渉することはない。従って、同一の特性を有するビームを投射しても問題ないという利点がある。なお、スポットの1個以上先行させるようにしてもよい。

【実施例9】図18は上記実施例の考えをさらに進め、ビーム(イ)とビーム(ロ)とを異なる走査ラインで走査させ、先行する走査ラインと同一の走査ラインの同一点に後続のビームが走査されたときに、上記実施例8と同様に受光強度比を求めるものである。

【0030】(実施例10)図19は投光装置A側の構成を示すもので、実施例1で説明した光ビームを夫々投射する光源11a、11bを設け、夫々の光源11a、11bをハーフミラー10を通して被検出物体Cに投射するようにしてある。

【0031】

【発明の効果】本発明は上述のように、異なるパターンで変調された複数の光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向から投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を位置検出器に結像させ、その位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求めているので、2次反射による位置検出器の出力成分を相殺して、2次反射の影響を除去することができ、また光ビームにパターンを持たせてあるので、投射スポット内の位置を求めることができ、高分解能で被検出物体の形状を検出することができ、さらに高分解能での被検出物体の形状の検出及び2次反射の影響の除去しているので、高精度の形状検出が可能となる。

【手続補正書】

【提出日】平成5年7月5日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】さらに他の形状検出装置を図23に示す。
この形状検出装置は特開平2-186213号公報で提

案されたもので、被検出物体Cに投射ビームを投射する投射装置Aと、上記投射ビームの被検出物体Cによる反射光を受光する受光装置Bとを一定距離だけ離して配置し、上記受光装置Bに被検出物体Cまでの距離に対応する反射光の入射角変化を受光スポットの位置変化として検出する位置検出器1を設け、この位置検出器1の出力に基づいて三角測量方式で被検出物体Cの形状を検出するものである。

【手続補正書】

【提出日】平成5年10月8日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項8

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項8】位置検出器を、結像スポットの幅より小さい幅の複数の位置検出素子を用いて構成し、投射ビームの反射光を位置検出器に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項9

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項9】投射ビームの光軸を位置検出器の光軸を含む平面内で所定幅だけ走査させ、受光強度比が予め設定した受光強度比と合致した走査位置で、被検出物体の形状を検出して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項10

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項10】投射ビームの反射光を、投射ビームの光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内で所定幅だけ偏向させ、受光強度比が予め設定した受光強度比と合致した走査位置で、被検出物体の形状を検出して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項11

【補正方法】変更

【補正内容】

$$z = L_3 - L_2 / \tan \alpha + x / \tan \alpha$$

として求める。また、任意の点 x_1 は正弦波状のスリット光の位相 Φ から一義的に求まる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】

【作用】本発明は、異なるパターンで変調された複数の光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向から投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を位置検出器に結像させ、その位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求めることにより、被検出物体

【請求項11】位置検出器を、投射ビームの光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内で所定幅だけ振動させ、受光強度比が予め設定した受光強度比と合致した走査位置で、被検出物体の形状を検出して成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項17

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項17】各投射ビームを投射ビームの光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内において一定距離だけ離して走査し、各投射ビームを同一の位置検出器に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項18

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項18】各投射ビームを投射ビームの光軸と位置検出器の光軸とを含む平面内に直交する方向で一定距離だけ離して走査し、各投射ビームの反射光を、反射ビームの変位方向に沿って平行に配置した個別の位置検出器に結像させて成ることを特徴とする請求項1記載の形状検出方法。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】なお、任意の点 x_1 における変位量 z は、 $L_2 = (L_1 - z) \tan \beta + (L_3 - z) \tan \alpha$
 $\tan \beta = x / (L_1 - z)$
 の関係から、

$$\dots (1)$$

の微小部分のみ照射して、隣接する部分の2次反射の影響を除去することを可能とする。また、光ビームにパターンを持たせることにより、投射スポット内の位置を求めることを可能とし、高分解能で被検出物体の形状を検出することを可能とする。さらに、高分解能での被検出物体の形状の検出及び2次反射の影響の除去により、高精度の形状検出を可能とする。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】

【実施例】

(実施例1) 図1乃至図3に基づいて本発明の一実施例を説明する。本実施例の構成は、被検出物体Cに投射ビームを投射する投射装置(図示せず)と、上記投射ビームの被検出物体Cによる反射光を受光する受光装置Bとを所定距離だけ離して配置してある。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】投射装置は、異なるパターンとして光強度が異なる複数の投射ビームを被検出物体Cの一点に高さ方向(Z軸方向)で且つ略同一方向から投射する。なお、夫々の投射ビームが個別に被検出物体Cの一点に略同一方向から互いに時間差を持たせて投射される。本実施例の場合には、投射ビームの投光スポットの径が $x_1 \sim x_2$ であるとする、この $x_1 \sim x_2$ の範囲に重ねて複数の投射ビームを投射する。一方の投射ビームのパターンは、図2(a)のイに示すように、 x_1 側の投光強度が強く、 x_2 側で投光強度が減少しており、他方の投射ビームはイと全く対称的に、 x_2 側の投光強度が強く、 x_1 側で投光強度が減少している。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】受光装置Bには被検出物体Cからの反射ビームが受光レンズ2を通して結像される位置検出器1を備えている。なお、図中において反射ビームは光軸上のものでのみを表記している。この位置検出器1としては、高さ方向の基準面(z_0)からの高さ変位に応じて結像スポットが変位する方向に沿って結像スポットの径より小さい受光素子を配置するだけでよいので、複数の投射ビームに対して共通の受光素子を用いることができる。そして、上記位置検出器1の出力から投射ビームの投光スポットの位置を求める演算処理を行う演算処理部3と、演算結果に基づく被検出物体Cの形状をモニタ5に映し出すための信号処理を行う画像処理部4とを備えている。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】上記演算処理部3での投光スポットの位置の検出は、反射ビームの反射角度の変位から三角測量方式により求める。次に、演算処理部3では、投光スポット($x_1 \sim x_2$)の内部の任意の点における高さ変位を

求める。ここで、投光スポットの内部の任意の点は、投光ビームの光強度から求める。つまり、ビームの光路長に対して被検出物体Cの高さ変位が十分に小さい場合には、投光ビームの光強度は投光スポットの内部の任意の点を一義的に示すので、投光ビームの光強度から投光スポットの内部の任意の点が求まる。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】但し、この場合に一方の投射ビームだけで投光スポットの内部の任意の点の位置を求めると、被検出物体の表面反射率や表面角度などの影響を受けるため、演算処理部3では2つの投射ビームによる位置検出器1の各受光素子の出力の比から投光スポットの内部の任意の点の位置を求める。基準面で投射ビームが反射された場合の位置検出器1における受光強度を図2(b)に示し、その比を図2(c)に示す。例えば、受光レンズ2の光軸が基準面に交わる点をqとすると、基準面のq点における反射ビームの位置検出器1の出力 I_c 、 I_d の光強度比(I_c/I_d)は予め分かっている。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】基準面からの高さ変位 p があると、受光レンズ2の光軸位置に配置された位置検出器1の受光素子には、本来はx点に照射される光強度の光が受光される。この光強度から光強度比を求めx点であることを求め、そのq点とx点との位置変位と、基準面に対する受光レンズ2の光軸のなす角度 θ から高さ変位 x_p が $x_p = x_q \tan \theta$ として求まる。なお、上述の場合には簡単のために受光レンズ2の光軸位置に配置された位置検出器1の受光素子を例として説明したが、他の受光素子と受光レンズ2の中心を結ぶ線が基準面に交わる点は予め分かるので、同一の方法で各受光素子毎に異なる点での高さ変位を求めることができる。上記動作をもとめたフローチャートを図3に示す。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】(実施例2) 図4に他の実施例を示す。上述の実施例の場合には投射ビームを個別に投射する必要があったが、本実施例では同時に投射できるようにしたものである。投射装置からは夫々波長が異なる2つの光ビームを投射し、受光装置Bに2つの位置検出器1a、

1bを設け、受光レンズ2を介する反射ビームを波長に応じてビームスプリッタ6で分離して、各位置検出器1a、1bに夫々結像させる。なお、投射ビームが実施例1の場合と同様に強度変調をかけてある。本実施例は動作的には実施例1と同様にして被検出物体Cの形状を求める。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】(実施例3)図5にさらに他の実施例を示す。本実施例も光ビームを同時に投射するもので、本実施例の場合には投射ビームの偏光モードを異ならせ、反射ビームを偏光ビームスプリッタ6'を介して各位置検出器1a、1bに結像させる点に特徴がある。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】(実施例4)図6はレーザビームのようにガウス分布を有するビームを投射ビームとして用い、この投射ビーム強度が図7(a)に示すように I_0 である場合には、互いのビームを光強度 I_0/e^2 に相当するビーム間の距離($x_2 - x_1$)だけ離して被検出物体Cに投射する。この場合には、各ビームが重なる部分 $x_1 \sim x_2$ の範囲で、実施例1で説明した方法を用いて、高さ変位を求める。従って、この場合にも、2次反射の影響を受けず、且つ高分解能及び高精度で被検出物体Cの形状を検出できる。なお、ビームは実施例2あるいは実施例3で説明したように波長あるいは偏光モードを異ならせて同時投射するようにしてもよい。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】(実施例5)図8はさらに他の実施例であり、本実施例では位置検出器1を結像スポットの幅より小さい幅に形成され、且つ所定のピッチで配列された位置検出素子11で構成し、位置検出器1の分解能を向上させている。上記位置検出素子11を高さ変位により結像ビームが移動する幅に対応させて複数設けておけば、1つの位置検出素子の場合より高さ方向により広いダイナミックレンジ(検出幅)で被検出物体Cの形状を検出することができる。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】図10は受光レンズ2と位置検出素子11との間に偏向装置7'を設け、受光装置B側で投射ビームの強度比が特定の強度比となる投射スポット内の位置の高さ変位を求めるようにしたものである。なお、偏向装置7'は駆動装置8を用いて偏向角を変えるようにしてある。図11は振動装置9は偏向装置7'の代わりに振動装置9を用い、投射ビームの強度比が特定の強度比となる振動位置から投射スポット内の位置の高さ変位を求める。つまり、振動位置と高さ変位との関係は予め分かっているからである。なお、振動装置9は受光レンズ2の光軸と投射ビームの光軸とを含む平面内で振動させることは言うまでもない。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正内容】

【0026】図12は、位置検出素子11として図9の場合よりも幅広のものを用い、投射ビームを走査した場合に、位置検出素子11の幅に応じた所定範囲内の高さ変位も求めることができるようにしたものである。なお、図13に示すように、投射ビームを走査する代わりに、被検出物体Cを移動させるようにしてもよい。

(実施例7)図14は図8の複数の位置検出素子11で位置検出器2を構成したものにおいて、投射ビームを走査するようにしたものである。ここで、夫々の位置検出素子11は投光ビームの各走査位置に対応して配置しているため、被検出物体C上の各点での反射ビームが被検出物体C上のどの点を走査しているかを特定でき、さらに受光強度比を求めることにより、その点での照射面内の光ビーム位置を特定でき、広範囲にわたり高精度な形状検出が可能となる。なお、偏向角度は偏向角度検出回路12で検出し、演算処理部3に与えている。

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正内容】

【0029】本実施例の場合、被検出物体Cの測定対称面が基準面よりも低くなれば、角ビームは位置検出器2上で、常に1スポットだけ先行した位置に結像され、互いに干渉することはない。従って、同一の特性を有するビームを投射しても問題ないという利点がある。なお、スポットの1個分以上先行させるようにしてもよい。

(実施例9)図18は上記実施例の考えをさらに進め、ビーム(イ)とビーム(ロ)とを異なる走査ラインで走査させ、先行する走査ラインと同一の走査ラインの同一点に後続のビームが走査されたときに、上記実施例8と

同様に受光強度比を求めるものである。

【手続補正22】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】

【発明の効果】本発明は上述のように、異なるパターンで変調された複数の光ビームを被検出物体の同一点に略同一方向から投射し、各々の投射ビームの被検出物体による反射光を位置検出器に結像させ、その位置検出器の出力から各投射ビームの反射光の強度比を求めているの

で、隣接する部分の2次反射の影響を除去することができ、また光ビームにパターンを持たせてあるので、表面反射率や表面角度に影響されずに、投射スポット内の位置を高精度に求めることができ、さらに高分解能での被検出物体の形状の検出が可能となる。

【手続補正23】

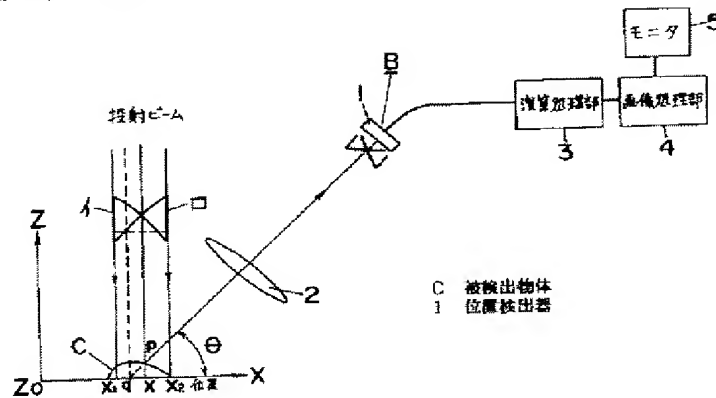
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1

【補正方法】変更

【補正内容】

【図1】



【手続補正24】

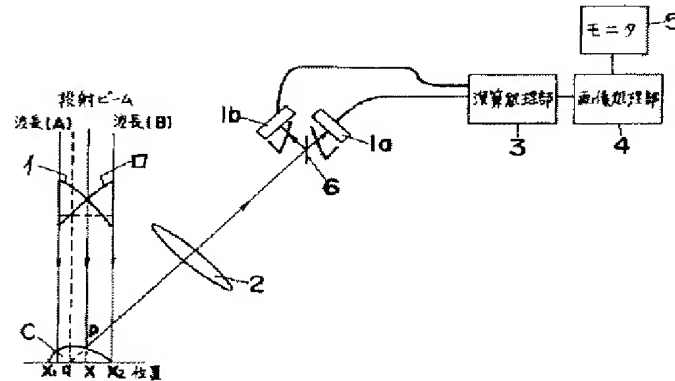
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図4】



【手続補正25】

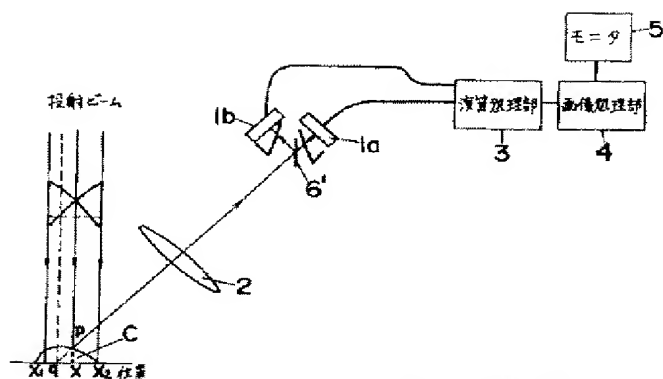
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】



【手続補正26】

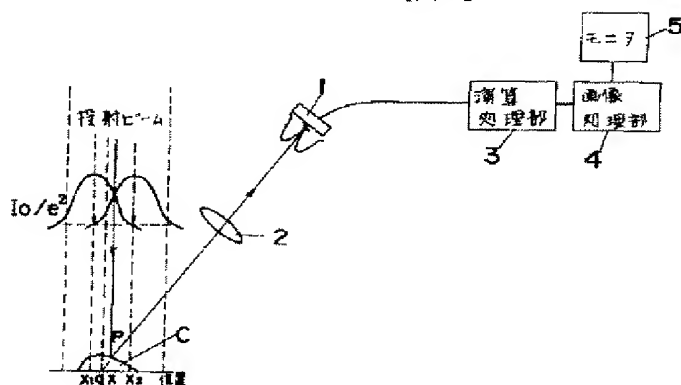
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図6】



【手続補正27】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図8】

【手続補正28】

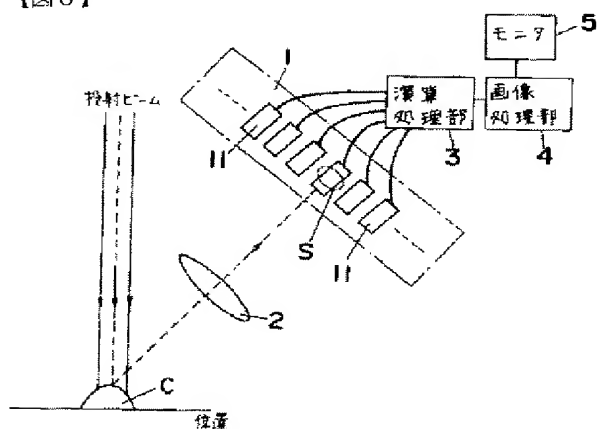
【補正対象書類名】図面

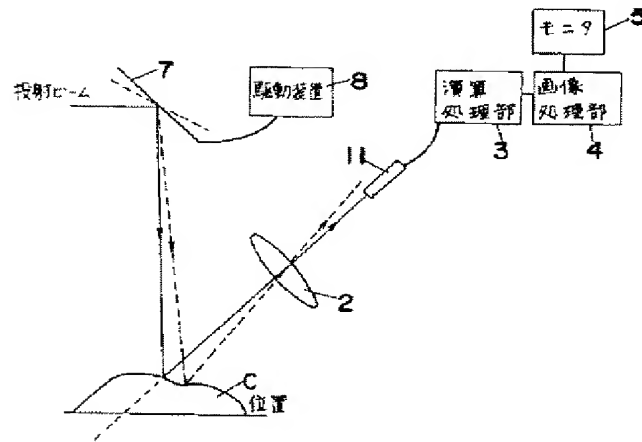
【補正対象項目名】図9

【補正方法】変更

【補正内容】

【図9】





【手続補正29】

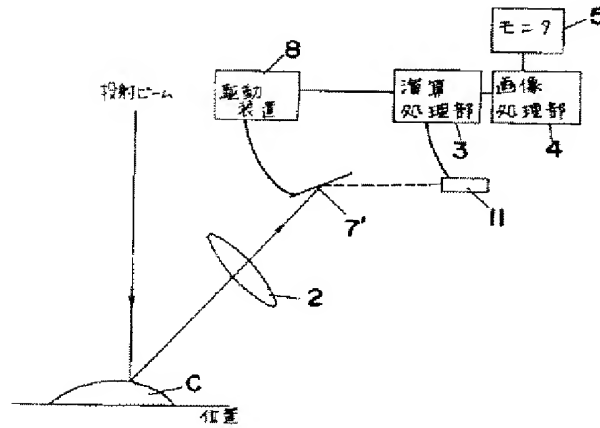
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正内容】

【図10】



【手続補正30】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図11

【補正方法】変更

【補正内容】

【図11】

【手続補正31】

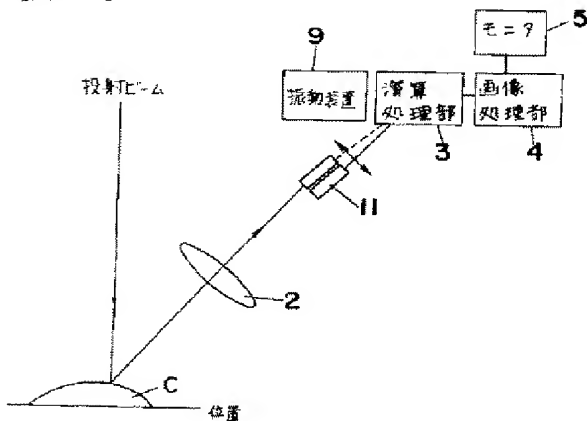
【補正対象書類名】図面

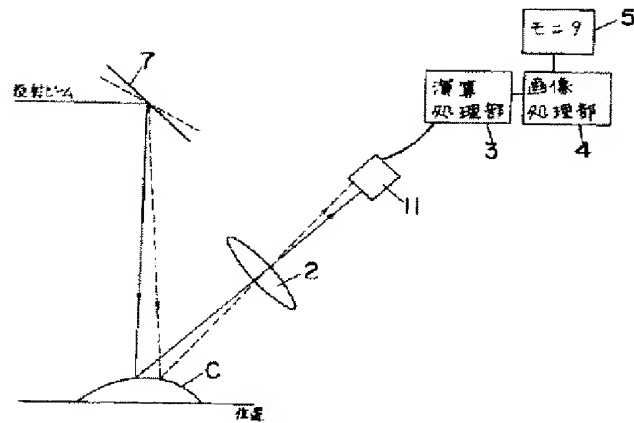
【補正対象項目名】図12

【補正方法】変更

【補正内容】

【図12】





【手続補正32】

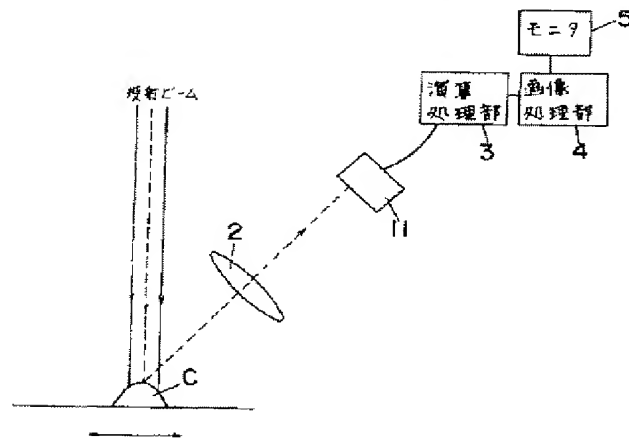
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図13

【補正方法】変更

【補正内容】

【図13】



【手続補正33】

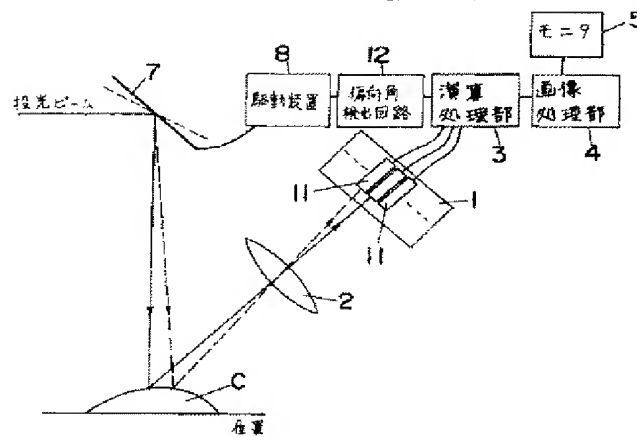
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図14

【補正方法】変更

【補正内容】

【図14】



【手続補正34】

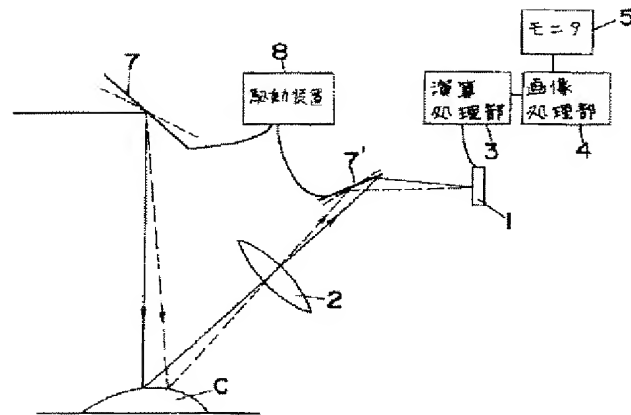
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図15

【補正方法】変更

【補正内容】

【図15】



【手続補正35】

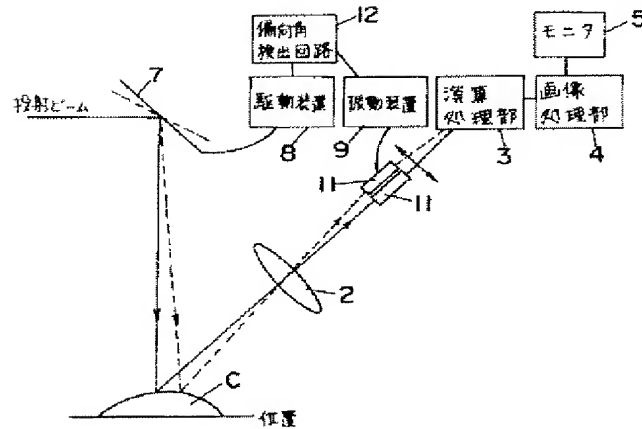
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図16

【補正方法】変更

【補正内容】

【図16】



【手続補正36】

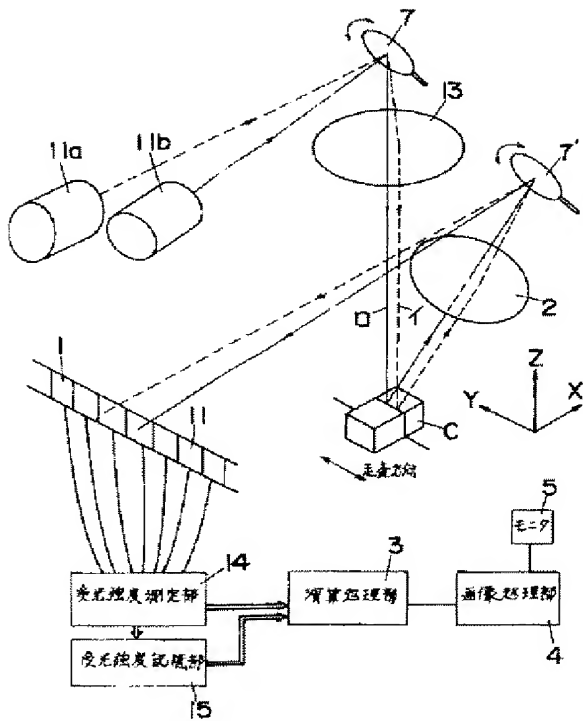
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図17

【補正方法】変更

【補正内容】

【図17】



【手続補正37】

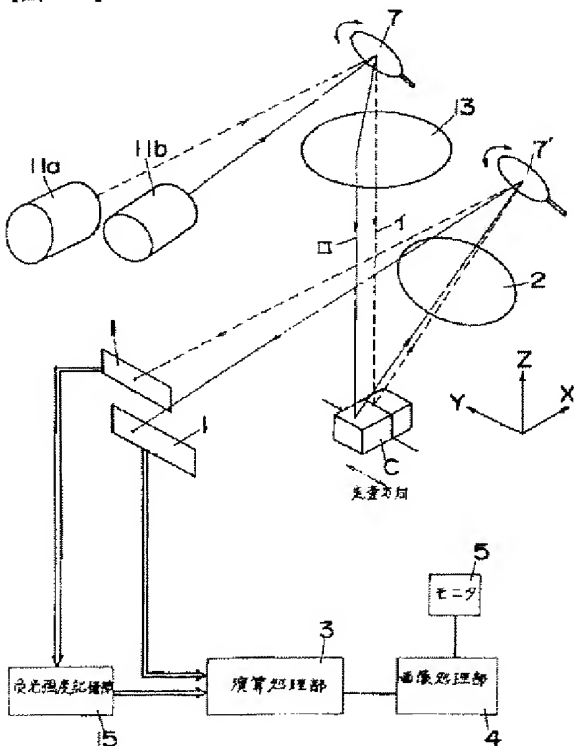
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図18

【補正方法】変更

【補正内容】

【図18】



【手続補正38】

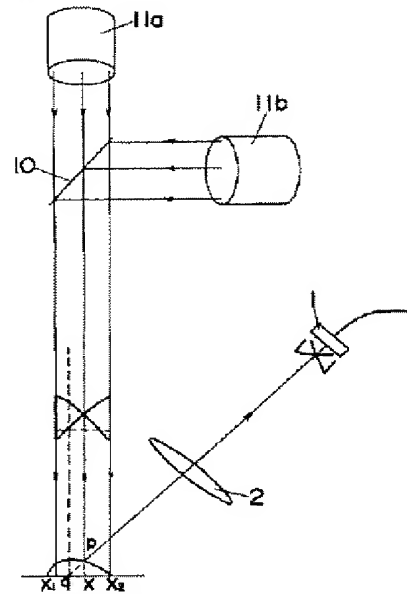
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図19

【補正方法】変更

【補正内容】

【図19】



【手続補正39】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図20

【補正方法】変更

【補正内容】

【図20】

